

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **03187189 A**

(43) Date of publication of application: **15 . 08 . 91**

(51) Int. Cl.
H05B 33/12
H01L 21/365
H01L 33/00

(21) Application number: **01324087**

(22) Date of filing: **15 . 12 . 89**

(71) Applicant: **NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>**

(72) Inventor: **HIRABAYASHI KATSUHIKO
ONO KENICHI**

(54) **SOLID LIGHT SOURCE**

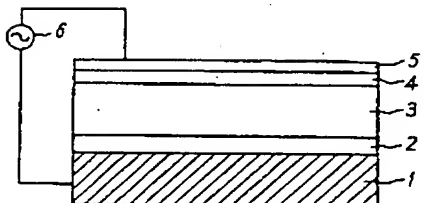
(57) Abstract:

PURPOSE: To improve output of light by mono-crystallizing a light emitting layer of a thin film EL device and interposing the light emitting layer between layers with a low fraction factor.

CONSTITUTION: A metallic electrode 5, an insulating layer 4, a high resistance ZnSe monocrystal layer with a light emitting center doped or a high resistance $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($x<1$) mixed crystal monocrystal layer 3 with the light emitting center doped, a low resistance ZnS monocrystal buffer layer 2 and a ZsAs substrate 1 or an Si substrate 1 are laminated to structure a solid light source, wherein ac voltage is applied between the substrate 1 and the metallic electrode 5 to excite the light emitting center to emit light, and light is taken out from a substrate edge in parallel with the substrate. Thus the a light emitting layer with small loss of a ZnS mixed crystal monocrystal thin film or the $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($x<1$) with the light emitting center doped is formed by MOCVD method to seal light so that a refraction factor of the light emitting layer is made maximum while refraction factors of the light emitting layer, the insulating layer, the buffer layer and the

substrate are taken into consideration. Thus light with high output can be obtained.

COPYRIGHT: (C)1991,JPO&Japio



⑫ 公開特許公報(A)

平3-187189

⑮ Int. Cl.⁵H 05 B 33/12
H 01 L 21/365
33/00

識別記号

D

庁内整理番号

6649-3K
7739-5F
8934-5F

⑬ 公開 平成3年(1991)8月15日

審査請求 未請求 請求項の数 3 (全5頁)

⑭ 発明の名称 固体光源

⑯ 特 願 平1-324087

⑰ 出 願 平1(1989)12月15日

⑱ 発 明 者 平 林 克 彦 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑲ 発 明 者 小 野 堅 一 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日本電信電話株式会社内

⑳ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

㉑ 代 理 人 弁理士 杉村 暁秀 外1名

明 細 書

1. 発明の名称 固体光源

2. 特許請求の範囲

1. 金属電極/絶縁層/発光センタをドーブした高抵抗 ZnS_xSe_{1-x} (x<1) 混晶単結晶層/低抵抗 ZnS 単結晶バッファ層/ $GaAs$ 基板または Si 基板の構造を持ち、基板と金属電極の間に交流電圧を印加して、発光センタを励起して発光させ、基板エッジ部から基板と平行方向に光を取り出すことを特徴とする固体光源。
2. 発光センタが Mn または Tb または Sr または Tm であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の固体光源。
3. 下地層の ZnS の抵抗率が $10^5 \Omega \text{cm}$ 以下であり、膜厚が $1 \mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の固体光源。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は高出力の点または線の固体光源に関するものである。

(従来の技術)

従来、固体の光源としては、①電流注入型の発光ダイオード、レーザダイオードと、②電界励起形の真性エレクトロルミネセンス(BL)がある。①はⅢ-V族の半導体の $GaAs$, GaP などのpn接合でのエレクトロンとホールとの再結合を利用して発光させる。発光ダイオードは、インジケータ等の表示素子、プリンタの光源として広く使われており、またレーザダイオードは、光通信や光ディスクの書き込み光源として広く用いられている。

一方、②は発光センタをドーブした ZnS または $ZnSe$ の多結晶薄膜を絶縁層で挟んだ構造を持ち、電界によって励起された電子が、発光センタに衝突した時に発光が得られる。BL素子は一般に基板に垂直方向に光を取り出し、平面ディスプレイとして用いられる。しかし、BL素子の発光層は、固

折率の低い絶縁層で挟まれているので、光の閉じ込め効果が生じ、光の取り出し効率は数%に過ぎず、残りの光は発光層内で熱となるか、または基板と平行方向に光が走って基板エッジ部から外へ出ていた。ウエスティングハウスの Kunらはこの性質を積極的に使って、エンジンから出る強い光をプリンタの光源として用いた（参考文献：

Proceeding of the SID 28 (1987) 81）。彼らは、基板から垂直に出る光よりも2桁高い強度の光エッジ部から取り出せると述べている（基板垂直方向から約 $3 \times 10^3 \text{cd/m}^2$ 、基板横方向から $3 \times 10^5 \text{cd/m}^2$ の輝度を得られている）。しかし彼らの作製した ZnS 発光層は多結晶であるので、光がグレインバウンダリで散乱され、横方向に光が導波せず、予想値よりも低出力の光しかエッジ部から取り出せないという問題があった。仮に光の散乱および吸収による伝搬損失が0であれば、約10cmの長さのEL素子のエッジから強度が5桁（垂直方向に比べて）の高い光を取り出すことができるはずである。すなわち基板垂直方向から 3000cd/m^2 の

輝度がえられた場合、 $3 \times 10^5 \text{cd/m}^2$ の輝度を得られると予想される。

しかし彼らの実験結果では、 $3 \times 10^5 \text{cd/m}^2$ の輝度しか得られておらず、プリンタの光源として用いるには不十分であり、さらに出力の光の強度をさらに1桁上げる必要があった。

（発明が解決しようとする課題）

本発明は、薄膜EL素子のエンジンから基板と平行に出る光の強度を上げるため、薄膜EL素子の構造を各層の屈折率を考慮して導波路層の屈折率が最も高くなるようにし、さらに光の散乱や吸収をなくすため、ZnSe, $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ 発光層を単結晶化することにより導波損失を低くした固体光源を提供することにある。

ZnS 多結晶またはZnSe多結晶の伝搬常数は古くから調べられているが、 30dB/cm 以上と非常に大きいことがわかっている（参考文献：R. TH.

Kersten, H. P. Mahlein and W. Rauscher, Thin Solid Films 28 (1975) 369）。

単結晶化により低損失化されるが、スパッタ法

で形成したZnS単結晶膜の損失も、やはり 30dB/cm と高かった（参考文献：P. L. Jones, D. R. Cotton and D. Moore, Thin Solid Films 88 (1982) 163）。

最近 MBE, MOCVD 技術の進展により、良質な ZnS, ZnSe 単結晶膜が成長できるようになり、低損失化が可能になってきた。例えば松下電器の横川らは、GaAs 基板上に MOCVD 法により、ZnS のバッファ層を形成し、さらに ZnS-ZnSe 超格子を成長させ、約 3dB/cm の低損失の光導波路を作製するのに成功している（参考文献：横川、成沢、応用物理、第58巻、9号 p.1352）。すなわち光を約1cm導波させても光は半分にも減衰しない。（課題を解決するための手段）

本発明の固体光源は、金属電極と、絶縁層と、発光センタをドーブした高抵抗ZnSe単結晶層または発光センタをドーブした高抵抗 $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($x < 1$) 混晶単結晶層と、低抵抗 ZnS 単結晶バッファ層と、GaAs 基板またはSi基板とを重ねた構造とし、基板と金属電極の間に交流電圧を印加して、発光

センタを励起して発光させ、基板エッジ部から基板と平行方向に光を取り出す。

本発明では発光センタ X をドーブした ZnS 単結晶薄膜または $\text{ZnS}_x\text{Se}_{1-x}$ ($x < 1$) 混晶単結晶膜の低損失な発光層を、MOCVD 法で形成し、これに電圧を印加することにより導波路内で発光させ、エッジ部から高出力の光を得ることに成功した。ここで工夫した点は、光の閉じ込めを行うために、発光層、絶縁層、バッファ層、基板の屈折率を考慮して、発光層の屈折率が最も高くなるようにした点である。表1に各材料の屈折率および格子常数を示す。

表1 EL素子に使用する材料の屈折率と格子常数

材 料	屈 折 率	格 子 常 数
ZnS	2.26	5.41
ZnSe	2.44	5.67
GaAs	3.37	5.65
Si	3.44	5.43
SiO_2	1.457	—

GaAs, Siの屈折率は、ZnS, ZnSe よりも大きいので、直接、GaAs基板またはSi基板の上に導波路

層を形成すると、光は基板に漏れてしまう。また ZnS または ZnSe 上に直接、金属電極を形成すると、やはり光は金属電極で吸収されてしまう。そこで、Si、GaAs と格子定数がほぼ等しく、屈折率が比較的低い ZnS を、まず光閉じ込めのためのバッファ層として形成した。ただし、この ZnS は、n 形のドーパントを添加して低抵抗とし、発光層にとって光閉じ込めの役割を持たせるとともに、電極の役割をもたせている。次に比較的屈折率の大きな ZnSe 単結晶発光層、 $\text{ZnS}_{1-x}\text{Se}_x$ 混晶発光層を形成した。次に屈折率の低い SiO_2 を形成した。これにより発光層の屈折率が最も大きくなり、光の閉じ込めが起き、導波の損失が小さくなった。

(実施例)

以下、図面を用いて本発明の実施例を詳細に説明する。

第1図は本発明の一実施例の構造図であって、1は GaAs (111) 基板、2は低抵抗 ZnS 単結晶バッファ層、3は Mn をドーパした ZnSe 単結晶発光層、4は SiO_2 絶縁層、5は Al 電極、6は交流電源で

ある。GaAs (111) 基板の上に MOCVD 法により基板温度 300℃ とし、原料としてジメチルジシロ (DMZ) と硫化水素 (H_2S) とドーパントとしてヨウ化ブチルを用いて 1 をドーパした低抵抗 n 形 ZnS を約 1 μm 形成した。この膜の抵抗率 ρ は約 $2\ \Omega\text{cm}$ であり、低抵抗であった。次に基板温度 300℃ で DMZ と H_2Se を原料とし、トリカルボニルメチルシクロペンタジエニルマンガンをドーパントとして、Mn をドーパした ZnS 導波路発光層を約 3 μm 形成した。この層の抵抗率は n 形ドーパントを添加していないので、非常に高抵抗であり、抵抗率は約 $10^{12}\ \Omega\text{cm}$ 以上であった。次にスパッタ法により SiO_2 絶縁層を約 0.5 μm 形成した、さらに Al 電極を約 0.2 μm 形成した。次に GaAs をへき開して素子の端面を出した。

この素子の光導波特性を測定した。He-Ne レーザの光をレンズで絞って ZnSe 導波発光層の端面に入射させた。基板上からみると、光のストリークが観測され、光が素子内を導波していることがわかった (この場合、金属電極は形成していない)。

このストリークから導波路の損失を求めたところ、約 0.4 dB/cm の低損失であった。

次に導波路内膜厚方向の光強度の分布を、各層の屈折率を入れて計算すると、第2図に示すようになる。光は ZnS 層内に約 1 μm しみ出し、また SiO_2 層内には 0.5 μm しみ出していることがわかる。この実施例では ZnS、 SiO_2 の膜厚をそれぞれ 1.0 μm 、0.5 μm としているので、光は GaAs 基板、Al 電極に吸収されない。ZnS の膜厚が 1.0 μm 未満では、光は GaAs 基板、Al 電極に吸収される。

次にこの素子に 5 kHz で約 200 V の電圧を印加した。基板垂直方向からの出力と基板エッジ方向からの出力の輝度-電圧特性を第3図に示す。

第3図において、A は基板垂直方向からの出力であり、B は基板エッジ部から取り出した出力である。光を基板と垂直方向に取り出す場合、約 300 cd/m^2 の輝度が得られる。エッジ部から出る光の強度を測定したところ、約 $10^7\text{cd}/\text{m}^2$ の高輝度が得られた。すなわち基板垂直方向から取り出す場合

の約 4 桁～5 桁高い光が得られた。これは光のパワーに換算すると約 $1\text{W}/\text{cm}^2 \sim 10\text{W}/\text{cm}^2$ であり、プリンタの光源として適している。

この実施例では Mn を発光センタとしたが、Tb または Sm または Tm を発光センタとした場合でも同様の結果が得られた。

またこの実施例では発光層は ZnSe であったが、 $\text{ZnS}_{1-x}\text{Se}_x$ 混晶でもよいし、絶縁層は SiO_2 以外にも Si_3N_4 、 Al_2O_3 でもよい。

この実施例では下地の ZnS 膜の抵抗率が $2\ \Omega\text{cm}$ のものを用いたが、 $10^2\ \Omega\text{cm}$ 以下の抵抗率であればよい。これは高抵抗 ZnS 発光層の抵抗率が $10^{12}\ \Omega\text{cm}$ 以上であるので、これより抵抗率が十分低くなければならないのと、下地の低抵抗 ZnS 層の抵抗率が $10^2\ \Omega\text{cm}$ 以上であると、この部分も発光し、光が基板に吸収されて光が導波しないためである。

またこの実施例では、 SiO_2 を絶縁層として用いた。 SiO_2 の屈折率は 1.457 であり、ZnS の屈折率よりも小さい。絶縁層の屈折率は ZnS の屈折率よりも低くする必要がある。ただし 2.0 よりも大き

いと光の閉じ込め効果が小さく、光が絶縁層の深くまでしみ込む。電極に吸収されないためには、絶縁層の膜厚を厚くしなくてはならないが、絶縁層の膜厚を厚くすると、駆動電圧が高くなる。このため絶縁層の膜厚は、 $0.5 \mu\text{m}$ 以下である必要がある。これにより屈折率は2.0 以下でなくてはならない。

(発明の効果)

以上、説明したように本発明の固体光源は、薄膜EL素子の発光層の単結晶化を図り、発光層を屈折率の低い層で挟むことにより、基板横方向の光の導波損失を少なくし、薄膜ELのエッジ部から出る光の出力を4桁～5桁向上させることができる利点がある。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の一実施例の構造図、

第2図は本発明の固体光源の導波路内膜厚方向の光強度の分布を示す図、

第3図は輝度-電圧特性を示す図である。

1 --- GaAs(111) 基板 2 --- 低抵抗ZnS 膜

3 --- MnをドーブしたZnSe発光層

4 --- SiO_2 絶縁層

5 --- Al 電極

6 --- 交流電源

A --- 基板垂直方向からの出力

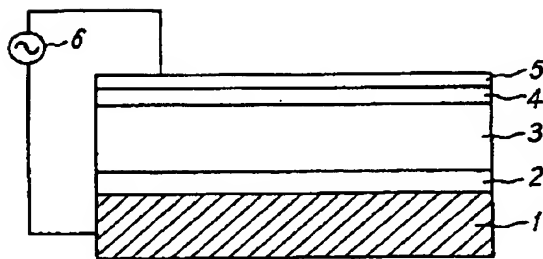
B --- 基板エッジ部から取り出した出力

特 許 出 願 人 日 本 電 信 電 話 株 式 会 社

代 理 人 弁 理 士 杉 村 曉 秀

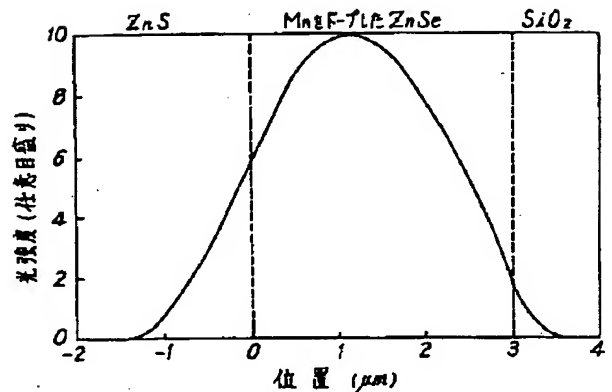
同 弁 理 士 杉 村 興 作

第 1 図



- 1 --- GaAs(111) 基板
- 2 --- 低抵抗ZnS膜
- 3 --- MnをドーブしたZnSe発光層
- 4 --- SiO_2 絶縁層
- 5 --- Al 電極
- 6 --- 交流電源

第 2 図



第3図

